

*Janusz Gołąb*

**ODKSZTAŁCENIA PASA DROGOWEGO LEŚNYCH  
DRÓG STOKOWYCH W BIESZCZADACH**

---

***RIGHT OF WAY DEFORMATIONS OF FOREST SLOPE  
ROADS IN BIESZCZADY***

**Streszczenie**

W pracy przedstawiono odkształcenia geometrii przekrojów poprzecznych leśnych dróg stokowych w Bieszczadach o nawierzchni umocnionej niesortem kamiennym. Oparto się na materiałach archiwalnych uzyskanych w badaniach z lat 1973–75, wykonywanych w Zakładzie Inżynierii Leśnej AR w Krakowie na zlecenie Lasów Państwowych. Obserwowane odkształcenia pogrupowano pod względem wystawy stoku, rodzaju gruntu w podłożu, spadków podłużnych i poprzecznych jezdni oraz wyróżnionych części pasa drogowego (skarpy wykopu, nasypu, korony drogi i jezdni).

**Słowa kluczowe:** drogi leśne, warunki geotechniczne, przejezdność, Bieszczady

***Summary***

*We present cross-section deformations of forest slope roads with ground pavement stabilized of the crushed-run stone in Bieszczady. There is back researches (made in 1973-75) carried out in Department of Forest Researches order by the State Forests showed. Deformations was group in terms of exposition, soil type in the subgrade, downgrade and transverse crossfall of the roadway and part of the right of the way (cut slope, embankment slope, crown of the road and roadway).*

***Key words:*** forest roads, ground conditions, serviceability, Bieszczady

## WPROWADZENIE I CEL BADAŃ

Sieć komunikacyjna w lasach górskich jest jednym z ważniejszych elementów zrównoważonej gospodarki leśnej [Czerniak 2001]. Mimo zauważanego w pewnych aspektach ujemnego oddziaływania elementów infrastruktury technicznej na las [Koczwański i in. 1994; Gołąb 2004], w prawidłowo rozwiniętym i sprawnie funkcjonującym gospodarstwie, sieć dróg i składnic pełni kluczową rolę dla właściwej organizacji pracy. Właściwie zaprojektowana, zbudowana i utrzymywana sieć dróg leśnych wydatnie obniża finansowe, ale też i niektóre przyrodnicze koszty prowadzenia działalności gospodarczej w lasach. Pożądane jest, aby drogi wywozowe były dostępne możliwie przez cały rok dla co najmniej średnionażowego transportu bez względu na warunki pogodowe. Wartość eksploatacyjna dróg jest funkcją warunków gruntowych, wodnych i obciążenia ruchem, zastosowanej technologii budowy, a także jakości wykonawstwa robót ziemnych i odwadniających oraz utrzymania bieżącego i remontów.

Na podstawie badań z lat 1973–75 wykonanych przez Zakład Inżynierii Leśnej AR w Krakowie pod kierunkiem doc. dr. hab. Henryka Bieleckiego „*Określenie zasad projektowania gruntowych dróg stokowych w Bieszczadach przy uwzględnieniu wpływu warunków geologiczno-inżynierskich*” [Bielecki i in. 1975], dokonano zestawienia odkształceń gruntu w pasie drogowym. Badania te były prowadzone w celu uzyskania możliwie pełnej charakterystyki warunków geologiczno-inżynierskich i klimatycznych, wywierających wpływ na drogi. Niniejsze opracowanie zawiera dane z obiektu badawczego „Otryt”.

Przedmiotem opracowania są odkształcenia pasa drogowego leśnych dróg stokowych w warunkach bieszczadzkich.

Celem pracy jest analiza wielkości odkształceń pasa drogowego leśnych dróg stokowych oraz określenie powiązań stabilności korpusu drogi z lokalnymi warunkami geotechnicznymi.

## OPIS TERENU BADAŃ

Do badań wybrane zostały odcinki dróg położone w Nadleśnictwie Lutowska, które [<http://www.krosno.lasy.gov.pl/web/lutowiska>] obejmuje teren typowo górski z charakterystycznymi długimi pasmami ułożonymi w linii SE-NW. Głównym pasmem górskim jest Otryt (938 m n.p.m.), najwyższym wzniesieniem jest Magura Stuposiańska (1016 m n.p.m.), najniższym – dolina Sanu w rejonie Rajskiego (440 m n.p.m.). Panuje tu klimat górski z rocznymi opadami ok. 1000 mm. Geologicznie obszar zalicza się do Karpat Fliszowych zbudowanych z warstw krośnieńskich. Wytworzyły się na nich gleby brunatne, miejscami silnie szkieletowe.

Pierwszy z badanych odcinków drogi [Bielecki i in. 1975] – „Otryt I”, o długości 320 m, został usytuowany na początku drogi stokowej oznaczonej

w dokumentacji źródłowej numerem 4n, w kilometrze 0+332 do 0+652, na wysokości 565–580m n.p.m. Odcinek Otryt II o długości 415 m, położony na tej samej drodze stokowej, w km 2+036 do 2+451. Wysokość punktu początkowego wynosi 663 m. n.p.m., końcowego 671 m n.p.m.

Wybrane cechy geotechniczne przedstawiono w tabeli 1 [Bielecki i in. 1975].

**Tabela 1.** Charakterystyka odcinków badawczych „Otryt I” i „Otryt II”  
**Table 1.** Characteristics of the road section „Otryt I” and „Otryt II”

Przekrój Cross-section	Nawierzchnia; Podbudowa Pavement Basecourse	Rodzaj gruntu Soil type	Spadek podłużny jezdni [%] Downgrade of broadway [%]	Spadek poprzeczny jezdni [%] Transverse crossfall [%]	Wystawa Exposition
I/2	gruntowa umocniona	Gc+Op	2,85	0,0	W
I/3	niesortem	Rp+G	5,96	0,0	W
I/7	kamiennym;	Il+Op	6,15	0,6 **	S
I/9	brak	Gc+Op	6,40	1,7*	S
I/10	ground stabilized of the crushed-run	Gc+Op	4,64	1,4*	S
I/11	stone absence	G+Op	4,40	1,4**	S
II/1	gruntowa umocniona niesortem kamiennym; brak ground stabilized of the crushed-run stone absence	Rp+G	5,2	2,9*	E
II/2		G+Op	5,21	10,0**	E
II/3		Rp+G	4,47	2,9*	E
II/4		Rp+G	3,39	4,3*	E
II/5		Rp+G	2,52	0,0	E
II/7		Gc+Op	5,50	2,3*	N
II/9		Gc	7,25	7,1*	N
II/10		G+Op	3,81	5,9*	W
II/11		G+Op	2,91	5,9*	W
II/12		G+Op	1,51	5,9*	W
II/13		Rp+G	0,15	2,0*	W

\* – odstokowy /outslope, \*\* dostokowy / inslope

## METODYKA

W ramach przeprowadzonych w latach 1973–1975 prac terenowych wykonano pomiary sytuacyjno-wysokościowe wybranych odcinków, wyznaczono na nich przekroje poprzeczne oraz zastabilizowano w większości przekrojów stałe punkty reperowe w postaci słupków betonowych. Mierzono pionową odległość od poziomu odniesienia (linki z węzłkami wiązanymi co 50 cm zawieszanej na odpowiednich podporach umieszczanych na reperach) do powierzchni terenu. Wyniki zapisywano z dokładnością 1 mm.

Pierwszy pomiar uznano za początkowy zarys przekroju, zaś kolejne serie pomiarowe dały możliwość obserwacji procesu deformowania korpusu drogi przy normalnym użytkowaniu drogi między seriami pomiarów.

W niniejszej pracy wykorzystano wyniki trzech serii pomiarów deformacji wykonanych kolejno: w kwietniu 1973 r., w marcu 1974 r. oraz w kwietniu 1975 r. na odcinkach Otryt I i II z rozdziałem całego pasa drogowego na skarpe wykopu, koronę drogi z wyróżnioną jezdnią oraz skarpe nasypu. Dane te w postaci rzędnych terenu skorygowane o linię reperową pozwoliły na obliczenie różnic z pomiarów w następujący sposób:

- A. różnica pomiaru drugiego (III 1974) i pierwszego (IV 1973),
- B. różnica pomiaru trzeciego (IV 1975) i drugiego (III 1974),
- C. różnica pomiaru trzeciego (IV 1975) i pierwszego (IV 1973) – tzw. różnica końcowa.

W dalszej części opracowania posłużono się powyższym sposobem oznaczenia różnic z pomiarów.

Obliczone różnice pozwoliły na określenie średniej wielkości odkształceń rocznych (różnice A i B) oraz średnich odkształceń z pomiarów końcowych (różnica C). Liczone w ten sposób średnie można określić jako średnie zmiany rzeczywiste, ponieważ liczone były z wartości posiadających informację o kierunku zmian (zawierały znaki).

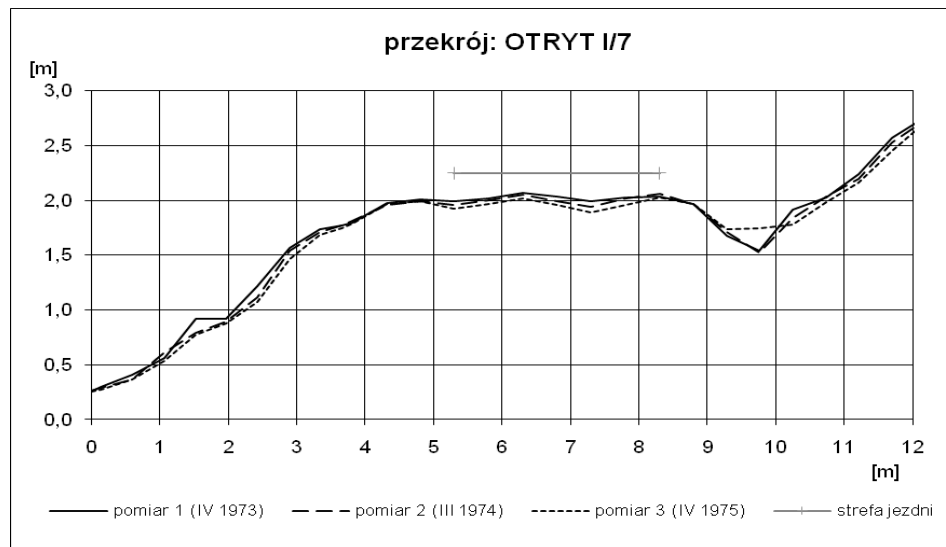
Aby wyraźniej ukazać dynamikę zmian, do dalszych obliczeń wykorzystano wartości bezwzględne różnic A, B i C. Otrzymane moduły (w sensie matematycznym) tych różnic odkształceń pokazują zmiany bezwzględne – samą wielkość „ruchu” korpusu drogowego w konkretnym miejscu. Średnie wyliczone z modułów pokazują zatem dynamikę ruchu korpusu, ale nie pokazują kierunku tego ruchu.

## WYNIKI

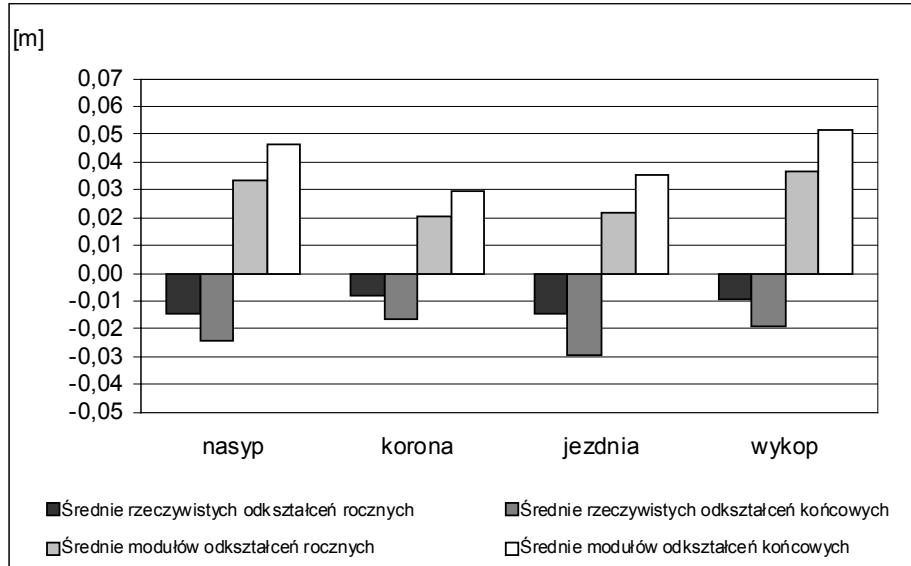
Poniżej zamieszczono wykres odkształceń w przykładowym przekroju (rys. 1) oraz dane liczbowe średnich wartości odkształceń pasa drogowego dla tego przekroju (tab. 2). Zamieszczono także wykresy pokazujące wielkości odkształceń w pogrupowaniu pod względem: wybranej części pasa drogowego, wystawy, spadku podłużnego i poprzecznego jezdni, a także rodzaju gruntu w korpusie (rys. 2–8). Część średnich odkształceń pokazanych na wykresach wyliczana jest dla całych przekrojów poprzecznych (rys. 3, 4, 6, 8), zaś część po rozdzieleniu przekroju na skarpy nasypu, wykopu, koronę i jezdnię (rys. 2, 5, 7).

**Tabela 2.** Zestawienie odształceń pasa drogowego w przekroju badawczym „Otryt I/7”  
**Table 2.** Bill of right of way deformations on the cross-section „Otryt I/7”

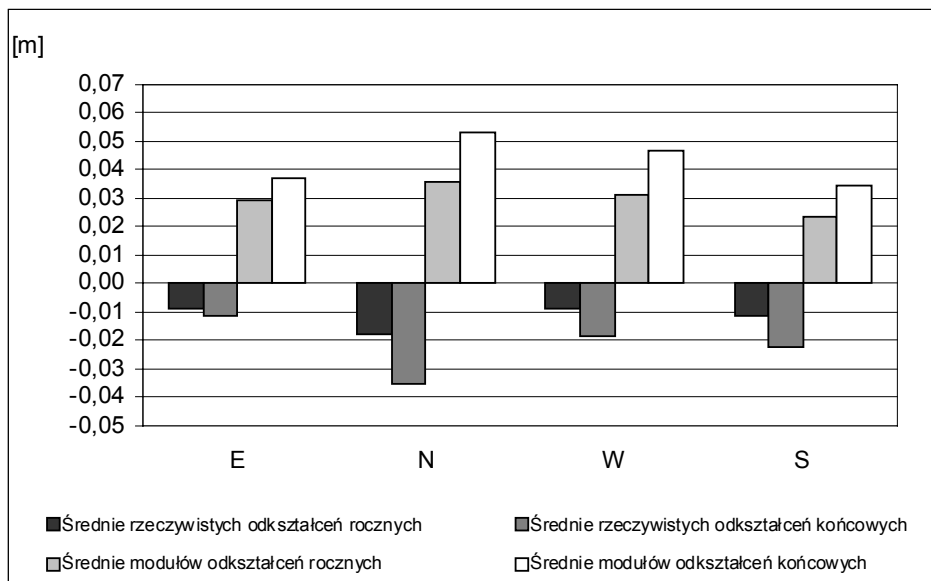
Część przekroju Part of cross-section	Odształcenia rzeczywiste [m] Real deformations [m]				Moduły odształceń [m] Absolute value of deformations [m]			
	średnia odształceń rocznych mean of annual deformation		średnia odształceń końcowych mean of closing deformation		średnia odształceń rocznych mean of annual deformation		średnia odształceń końcowych mean of closing deformation	
	nasyp	-0,0303		-0,0606		0,0359		0,0610
korona	-0,0232	-0,0215	-0,0463	-0,0431	0,0276	0,0350	0,0463	0,0616
jezdnia	-0,0307		-0,0614		0,0344		0,0614	
wykop	-0,0100		-0,0200		0,0422		0,0791	



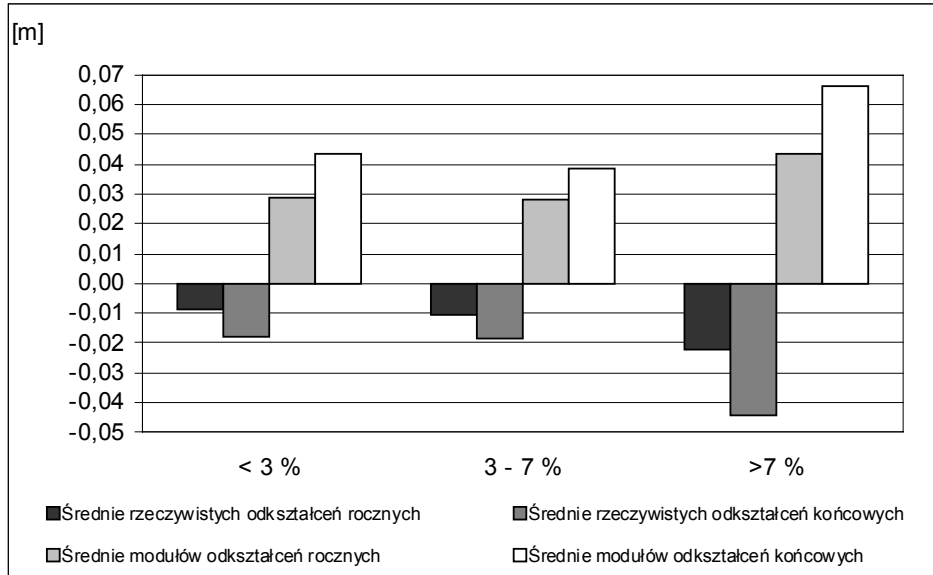
**Rysunek 1.** Odształcenia pasa drogowego w przykładowym przekroju poprzecznym  
**Figure 1.** Right's of way deformations in exemplary cross-section



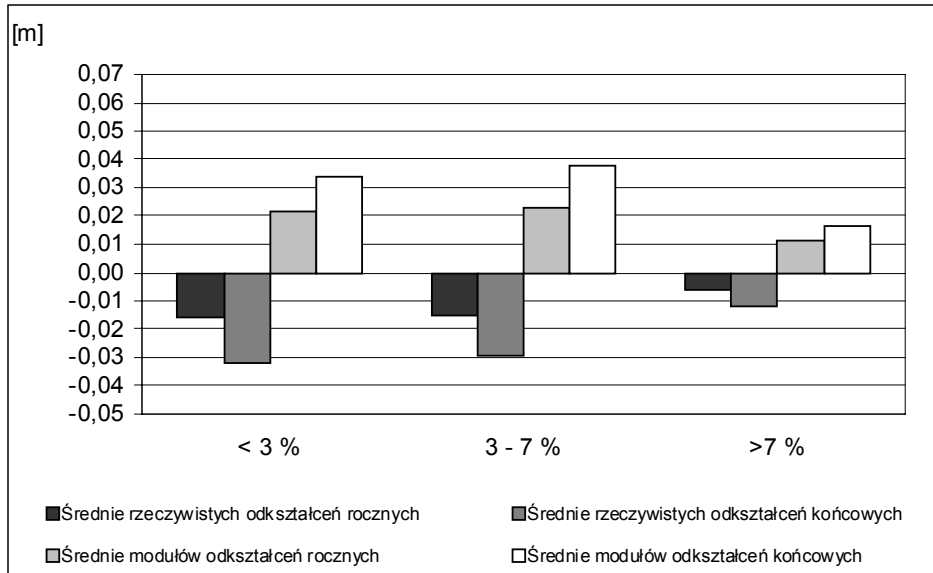
**Rysunek 2.** Odkształcenia części pasa drogowego  
**Figure 2.** Deformations of parts of the right of way



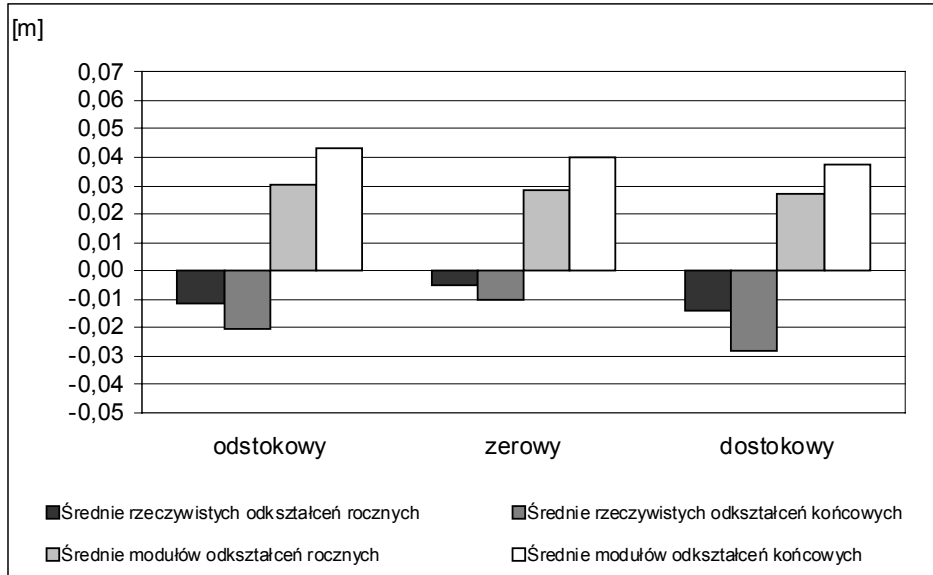
**Rysunek 3.** Odkształcenia pasa drogowego w zależności od wystawy  
**Figure 3.** Right's of way deformations in respect to exposition



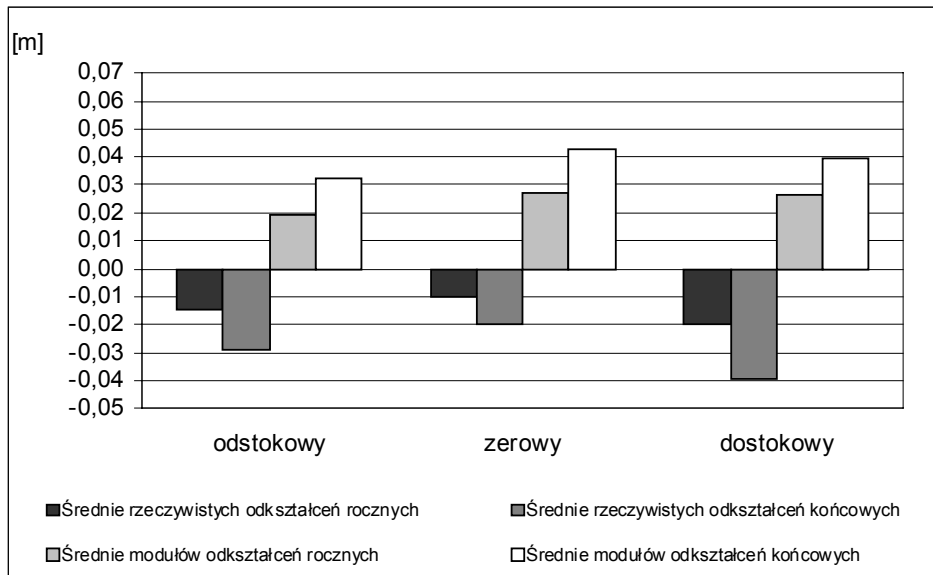
**Rysunek 4.** Odształcenia pasa drogowego w zależności od spadku podłużnego jezdni  
**Figure 4.** Right's of way deformations in respect to roadway downgrade



**Rysunek 5.** Odształcenia jezdni w zależności od spadku podłużnego jezdni  
**Figure 5.** Roadway's deformations in respect to roadway downgrade

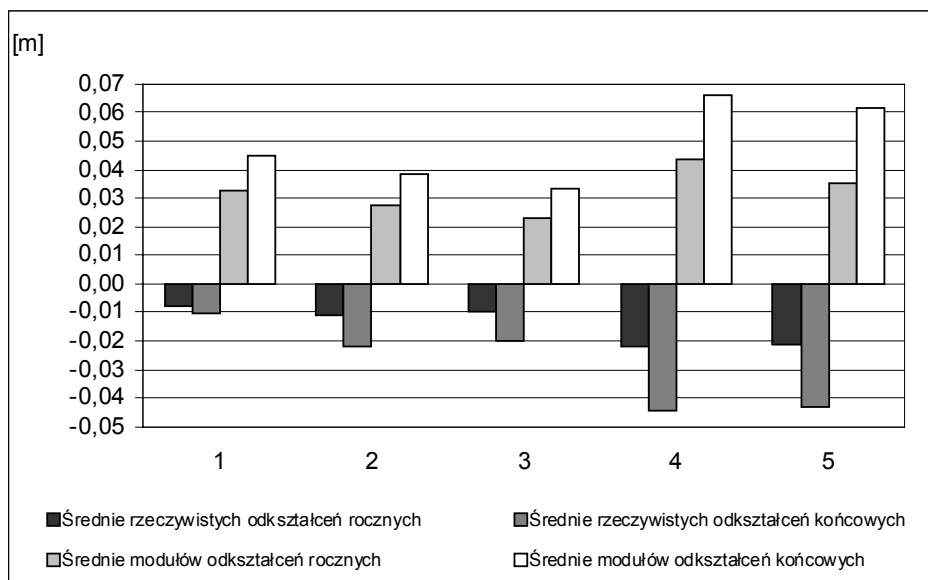


**Rysunek 6.** Odształcenia pasa drogowego w zależności od spadku poprzecznego jezdni  
**Figure 6.** Right's of way deformations in respect to roadway transverse crossfall



**Rysunek 7.** Odształcenia jezdni w zależności od spadku poprzecznego jezdni  
**Figure 7.** Roadway's deformations in respect to roadway transverse crossfall





**Rysunek 8.** Odształcenia pasa drogowego w zależności od rodzaju gruntu:  
 Oznaczenia: 1 – rumosz piaskowca + glina; 2 – glina + okruchy piaskowca;  
 3 – glina ciężka + okruchy piaskowca; 4 – glina ciężka; 5 – ił + okruchy piaskowca  
**Figure 8.** Right's of way deformations in respect to soil type: Designations:  
 1 – rubble of sandstone + clay; 2 – clay + sandstone chips; 3 – silt clay + sandstone  
 chips; 4 – silt clay; 5 – silt + sandstone chips

## DYSKUSJA

Analizując odształcenia w przykładowym przekroju poprzecznym (rys. 1) zauważyć można ruch gruntu w całej obserwowanej części pasa drogowego. Ruch ten w różnych strefach pomiaru (wykop, nasyp, jezdnia) (rys. 2) powodowany jest jednak różnymi przyczynami, różne są też wielkości odształceń i ich dynamika. Grunt w skarpię nasypu osiada i ulega erozji, skarpa wykopu nie osiada, natomiast odsłonięcie gruntu i wytworzenie dużego spadku pociąga za sobą wymywanie erozyjne i obsunięcia słabiej podpartych i silniej nawilgoczonych fragmentów skarpy [Różycki 1978], dynamika tych odształceń jest także stosunkowo duża. Strefa korony drogi ulega mniejszym odształceniom w postaci osiadania z uwagi na fakt zagęszczania tej części korpusu podczas budowy, jednak ruch ciężkich pojazdów wygniata koleiny, które kanalizują spływ wody opadowej. Przy małym spadku podłużnym drogi, tak skoncentrowana woda w części wsiąka w nawierzchnię, obniżając jej nośność, zaś przy dużym spadku jej ruch w koleinach powoduje duże wcięcia erozyjne w dnie kolein i ich pogłębianie [Gołąb 2006]. Najmniejsze zmiany widoczne są w strefie poboczny.

Wielkości pomierzonych odkształceń rocznych mieszczą się przeważnie w przedziale poniżej pięciu centymetrów [Kamiński, Czerniak 2003] z wyjątkiem kolein i miejsc obsunięcia się skarp. Około dwukrotnie większa wartość różnicy końcowej (C) od wartości różnic rocznych (A i B) świadczy o trwałym procesie osiadania całości korpusu drogi, zaś dwuletni okres pomiarów jest zbyt krótki, by zaznaczyła się tendencja wyhamowywania obserwowanej dynamiki zmian. Potwierdzają to wartości średnie obliczane na podstawie wszystkich badanych przekrojów poprzecznych: wszystkie wartości średnich rocznych i końcowych są ujemne, czyli rzędne punktów korpusu ulegają obniżaniu. Praktyka budowlana wykazuje, że stabilizacja ruchów gruntu wewnątrz korpusu następuje przeważnie po kilku latach użytkowania drogi, zmniejszenie zmian na skarpach obserwuje się również po kilku latach – dopiero po utrwaleniu ich statyki i zadarnieniu powierzchni, zaś zmiany obserwowane na jezdni będą zależne od stanu odwodnienia korpusu i charakterystyki obciążeń pochodzących z ruchu pojazdów.

Rozpatrując zależność ruchów gruntu od wystawy (rys. 3), stwierdzono, że najbardziej podatne są przekroje położone na północnych stokach, gdyż stoki te są najsłabiej osuszane ze względu na swoisty mikroklimat. Obserwowane odkształcenia rzeczywiste mały kolejno przez wystawy S, W, aż do E, natomiast w przypadku modułów przez W, E do S.

Zależność wielkości odkształceń na jezdni od jej spadku podłużnego rysowała się niewyraźnie. Z analizowanych danych wynika, że patrząc na cały przekrój poprzeczny (rys. 4) najbardziej deformowane są odcinki o największych spadkach podłużnych jezdni, natomiast różnice w deformacji przekrojów o małych i średnich spadkach podłużnych jezdni są bardzo niewielkie. Deformacje samej jezdni (rys. 5) przedstawiają się inaczej. W tym ujęciu na jezdni o największych spadkach obserwuje się najmniejsze pionowe ruchy gruntu, a na odcinkach o małych i średnich spadkach wielkości deformacji w dalszym ciągu są porównywalne. Ani w pierwszym, ani w drugim ujęciu nie widać wyraźnego poparcia dla logicznej i prawidłowej tezy [Koczwański i in. 1994] określającej średnie spadki podłużne jako optymalne. Przyczyną takiego stanu rzeczy mogły być specyficzne warunki mikroklimatyczne i geologiczne analizowanych odcinków.

Pogrupowanie deformacji według spadków poprzecznych jezdni, tak w ujęciu całego przekroju (rys. 6), jak i samej jezdni (rys. 7), również nie odzwierciedla spostrzeżeń spotykanych w literaturze [Koczwański i in. 1994]. Cytowani autorzy dowodzą, że spadki poprzeczne dostokowe należy uznać za optymalne, natomiast w omawianym tu materiale odcinki o takim spadku charakteryzują się największymi deformacjami. Teoretycznie Koczwański ma rację (choć wnioski te dyktowane były również względami bezpieczeństwa ruchu), jednak musiałby tu działać sprawny system odwadniania powierzchniowego. W sytuacji, kiedy nawierzchnia jest deformowana i powstają koleiny, woda

z nawierzchni nie odpływa w sposób niezakłócony, lecz jest kanalizowana w koleinach. Takie utrzymywanie spływu na nawierzchni prowadzi wprost do zmniejszenia nośności korpusu oraz strat erozyjnych. Nie zdarzają się w praktyce drogi leśne w górach, które poddane obciążeniom wynikającym z gospodarowania, utrzymują założoną w projekcie geometrię przekroju poprzecznego. Zawsze, w mniejszym czy większym stopniu, nawierzchnia ulega deformacjom, a zwłaszcza koleinowaniu.

Rodzaj gruntu miał znaczący wpływ na stabilność korpusu drogi. Odształcenia rzeczywiste okazały się zależne od zawartości szkieletu w gruncie oraz od stopnia zwięzłości części ziemistych. Najmniejsze deformacje wystąpiły na rumoszach piaskowcowych z udziałem gliny i wzrastały wraz ze zmniejszającym się udziałem szkieletu oraz ze wzrastającą zawartością części spławialnych. Najbardziej podatna na deformacje okazała się glina ciężka oraz il z domieszką okruchów piaskowca (rys. 8).

Analiza modułów odształceń dała nieco bardziej złożony obraz. Najbardziej podatna na obciążenia i erozję okazała się bezszkieletowa glina ciężka, natomiast ten sam rodzaj gruntu ze sporą domieszką okruchów piaskowca okazał się jednym z najmniej podatnych na odształcenia. Uwidacznia się tutaj wyraźny wpływ stabilizujący szkieletu [Trzcíński, Kaczmarczyk 2006].

## WNIOSKI

1. Stosunkowo nieduże wartości odształceń gruntu oraz dynamika omawianego procesu sugerują dość dobre warunki do budowy dróg leśnych w Bieszczadach.

2. Występujące w podłożu fliszowym piaskowce stanowią dobry i pożądaný materiał do umacniania miejscowych dróg leśnych.

3. Najkorzystniejsze warunki do budowy dróg leśnych mają stoki o wystawie południowej i wschodniej.

4. Dla zmniejszenia podatności korpusu na odształcenia i skrócenia czasu stabilizacji korpusu należy zwracać baczną uwagę na realizację zaprojektowanych parametrów korony drogi, skarp wykopu i nasypu (spadki i zagęszczenie gruntu, odwodnienie powierzchniowe i wgłębne).

5. Należy zwrócić szczególną uwagę na tonaż pojazdów dopuszczonych do ruchu po drogach, który musi być dostosowany do rodzaju i stanu nawierzchni. Wiąże się to również z nieprzekraczaniem dopuszczalnej ładowności tych pojazdów.

## BIBLIOGRAFIA

- Bielecki H., Sułkowski S., Suliński J. *Określenie zasad projektowania gruntowych dróg stokowych w Bieszczadach przy uwzględnieniu wpływu warunków geologiczno- inżynierskich*. Maszynopis, Zakład Inżynierii Leśnej AR w Krakowie, 1975.
- Gołąb J. *Influence of forest slope road on water storage in adjoining soils*. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Ser. Forestry, [www.ejpau.media.pl/series/volume7/issue2](http://www.ejpau.media.pl/series/volume7/issue2), 2004.
- Gołąb J., Wańczyk R., Matusiak B. *Surface runoff from slanting forest roads*. Acta Scientiarum Polonorum, Ser. Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria, 2006, nr 5(1), s. 13–25.
- Czerniak A. *Infrastruktura drogowa w warunkach trwale zróżnicowanej gospodarki leśnej*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Ser. Leśnictwo, 2001, nr 39, s. 57–64.
- Kamiński B., Czerniak A. *Ocena stanu nawierzchni leśnej drogi tłuczniowej w Puszczy Noteckiej po dwuletnim okresie eksploatacji*. Sylwan, 2003, nr 6, s. 14–21.
- Koczwański S., Nowakowska-Moryl J., Plewniak J. *Badanie leśnych gruntowych dróg stokowych w aspekcie zjawisk erozyjnych*. Sylwan, 1994, R.138 nr 2, s. 41–47.
- Różycki J. *Osuwiska w podkarpackim fliszu. W: Osuwiska i sposoby zapobiegania im*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności Warszawa, 1978, s. 3–18.
- Skarżyńska i Zespół. *Warunki geologiczno – inżynierskie w Bieszczadach*. Maszynopis – Kraków. 1975.
- Strona internetowa Nadleśnictwa Lutowiska: <http://www.krosno.lasy.gov.pl/web/lutowiska> [dostęp: XII 2006]
- Trzciniński G., Kaczmarczyk S. *Ocena nośności gruntowych dróg leśnych*. Sylwan, 2006: nr 4, s. 65–72.

Dr inż. Janusz Gołąb  
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie  
Katedra Inżynierii Leśnej  
Al. 29-listopada 46, 31-425 Kraków  
e-mail: [rlgolab@cyf-kr.edu.pl](mailto:rlgolab@cyf-kr.edu.pl)

Recenzent: *Prof. dr hab. Andrzej Woźniak*